

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Stabilita odvalu na lomu Dewon v obci Jarnoltówek, Polsko
The Stability of the Quarry Dewon in the Village Jarnoltówek, Poland

Student: Vlastimil Suchyňa
Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Robert Kořínek, CSc.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Zadání bakalářské práce

Student: **Vlastimil Suchyňa**
Studijní program: **B3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **3647R017 Geotechnika**
Téma: **Stabilita odvalu na lomu Dewon v obci Jarnoltówek, Polsko**
The Stability of the Quarry Dewon in the Village Jarnoltówek, Poland

Zásady pro vypracování:

- 1, Charakteristika lomu Dewon, stávající stav a návrh otvírky, přípravy a dobývání ložiska
- 2, Stanovení geotechnických charakteristik odvalované suroviny
- 3, Návrh výstavby odvalu a jeho stabilita
- 4, Závěr a vyhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Podklady stávajícího stavu lomu a odvalového hospodařství
2. Šimek, J. a kol.: *Mechanika zemin*, SNTL Praha 1990

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Robert Kořínek, CSc.**

Datum zadání: 31.10.2011

Datum odevzdání: 30.04.2012

doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Darja Kubečková, Ph.D.
děkanka fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Anotace

Předkládaná práce se zabývá problematikou zakládání a budování výsypkového tělesa, které bude navazovat na stávající odval na lomu Dewon. Důležitou součástí návrhu je zajištění účinného odvodnění podložky výsypkového tělesa a návrh velikosti jednotlivých úseků, po kterých se bude výsypkové těleso budovat. Na navrženém tvaru výsypkového tělesa je výpočtem zkoumán stupeň stability svahu pro jednotlivé dílčí etáže a pro celé výsypkové těleso po jeho vybudování. Dále je navržen hutnící pokus, jehož cílem bude ověřit možnost hutnění odvalovaného materiálu, vhodnost hutnění tahačovým válcem a kvalitu hutnění.

Klíčová slova

Lom, odval, geotechnické parametry, odvodnění, hutnění, stabilita.

Annotation

This work deals with the creation and building of dump body which will be built on an existing waste pile at the quarry Dewon. An important part of the project is to ensure effective drainage of dump body and design a size of individual sections on which the dump body will be built. On the proposed shape of a dump body is examined, by calculation, the degree of a slope stability for individual partial berms and for the whole dump body after his erection. Then it is designed the compacting experiment which is aiming at the verify of the possibility of the compaction of a dump material, roller compaction and a quality of compaction.

Keywords

Guarry, waste pile, geotechnical parameters, drainage, compaction, stability.

Obsah:

Seznam použitého značení.....	6
1. Úvod.....	8
1.1. Popis zadání	8
1.2. Cíl práce.....	9
2. Popis lomu.....	10
2.1. Těžba nerostu.....	11
3. Geotechnické charakteristiky odvalovaných materiálů	12
3.1. Zrnitostní rozbor	12
3.2. Měrná hmotnost	14
3.3. Objemová hmotnost.....	14
3.4. Meze konzistence	15
3.5. Mechanické vlastnosti	15
3.6. Parametry hutnění.....	16
4. Návrh tvaru a postupu budování odvalu	17
4.1. Odvodnění podložky odvalu.....	17
4.1.1. Varianta A	17
4.1.2. Varianta B	17
4.1.3. Ochrana odvodňovacího potrubí.....	18
4.2. Odval – Varianta A.....	19
4.2.1 Založení a budování odvalu	19
4.2.2. Stabilita tělesa odvalu	20
4.3. Odval – Varianta B	21
4.3.1. Založení a budování odvalu	21
4.3.2. Stabilita tělesa odvalu	22

4.4. Ochrana odvalu proti rozplavování odvalovaného materiálu v průběhu odvalování....	22
5. Návrh hutnění odvalovaného materiálu.....	24
5.1. Popis odvalovaného materiálu	24
5.2. Návrh hutnicího stroje	24
5.3. Návrh parametrů hutnicího pokusu	26
5.3.1. Geotechnické parametry hutnicího pokusu	26
5.3.2. Kontrola kvality hutnění.....	27
6. Závěr.....	30
Seznam obrázků	31
Seznam tabulek.....	31
Seznam použité literatury.....	31
Knihy:.....	31
www stránky.....	32
Seznam příloh	32

Seznam použitého značení

C	koeficient účinnosti hutnícího stroje [%]
D	stupeň zhutnění [%]
E_{def}	modul deformace [MPa]
F	stupeň stability svahu [–]
I_D	index relativní hutnosti [–]
M_{vd}	rázový modul deformace [MPa]
S_r	stupeň nasycení [–]
c_{ef}	efektivní soudržnost zeminy [kPa]
d	průměr zatěžovací desky [mm]
e	číslo pórovitosti [–]
e_{max}	maximální číslo pórovitosti [–]
e_{min}	minimální číslo pórovitosti [–]
n	pórovitost [–]
s	sednutí středu kruhové zatěžovací desky [mm]
w	vlhkost zeminy [%]
w_L	vlhkost zeminy na mezi tekutosti [%]
w_{opt}	optimální vlhkost zeminy [%]
Δw	vlhkostní rozdíl [%]
γ	objemová tíha zeminy [$kN \cdot m^{-3}$]
γ_s	měrná tíha zeminy [$kN \cdot m^{-3}$]
ρ	objemová hmotnost zeminy [$kg \cdot m^{-3}$]
ρ_d	objemová hmotnost vysušené zeminy [$kg \cdot m^{-3}$]
$\rho_{d,max}$	maximální objemová hmotnost suché zeminy Proctor Standard [$kg \cdot m^{-3}$]
ρ_s	měrná hmotnost zeminy [$kg \cdot m^{-3}$]
ρ_w	objemová hmotnost vody [$kg \cdot m^{-3}$]

σ_{ol} přetížení zatěžovací deskou [MPa]

φ_{ef} efektivní úhel vnitřního tření [$^{\circ}$]

Klasifikační symboly

f jemné částice o velikosti menší než 0,06 mm

s písčítá složka hrubých částic v rozmezí velikosti od 0,06 mm do 2 mm

g štěrková složka hrubých částic v rozmezí velikosti od 2 mm do 60 mm

$S - F$ písek s příměsí jemnozrné zeminy

1. Úvod

Nerost je jako surovina využíván již od nepaměti. Od vyhledávání jílovité suroviny pro výrobu keramiky v období neolitu přes těžbu rud koncem středověk až po dnešní dobu. Velký rozmach lomového dobývání užitkových surovin započal ve 30. letech 20. století. Postupný vývoj techniky a lepší znalost horninového prostředí vedl ke stále větší výkonnosti a produktivitě práce. Dnešní doba si žádá stále větší množství těženého užitkového nerostu, který je využíván nejen pro stavební účely, ale i pro průmyslové zpracování. U těžby užitkového nerostu je nutné zajistit dostatečný prostor potřebný pro ukládání veškerých odklizových hmot a technologických odpadů z těžby. Ty pak vytváří zemní těleso o jednom nebo více stupních. U kamenolomů se o tomto tělese hovoří jako o odvalu. Z minulosti jsou známy případy lomů, kdy na místo pro vybudování odvalu nebylo pamatováno a tyto lomy pak bylo nutné opustit. A proto je možné říci, že limitním faktorem každého lomu je odvalové hospodářství. U odvalu je nutné řešit jeho stabilitu a odvodnění podločky, na které se nachází. Touto problematikou se tato práce bude dále zabývat.

1.1. Popis zadání

Zadáním této práce je zajištění stability odvalu na lomu Dewon. Pro splnění tohoto zadání je nutné si nejprve udělat představu o samotném lomu z hlediska určení jeho polohy, ve které se nachází a popisu stávajícího stavu. Dále pak stanovení geotechnických parametrů odvalované horniny a návrh postupu budování odvalu. Celý návrh pak ověřit početní metodou s využitím vhodného počítačového softwaru. Na závěr zhodnotit navržený postup a podat doporučení pro nejvhodnější postup prací.

1.2. Cíl práce

Cílem práce bude z poskytnutých vzorků odvalované horniny laboratorně a in situ stanovit jejich geotechnické parametry. Na základě těchto parametrů a dokumentace stávajícího stavu lomu bude navržen tvar odvalu a způsob hutnění odvalované horniny při jeho výstavbě. Stabilita navrženého odvalu pak bude početně ověřena vhodným počítačovým softwarem využívající metody mezní rovnováhy a bude stanoven stupeň stability svahu pro jednotlivé dílčí etáže a pro celé výsypkové těleso po jeho vybudování.

2. Popis lomu

Lom Dewon se nachází severovýchodním směrem nad obcí Jarnoltówek v Opolském vojvodství v Polsku (obr. 1). Rozkládá na ploše o rozsahu 89 673 m² a v současnosti je rozfárán na třech etážích, které postupují jihozápadním až jihovýchodním směrem. Třetí etáž se nachází na kótě dna 360 m n. m. Odval se v současné době nachází v severní části dobývacího prostoru. Odvalovaná hornina je dopravována nákladními automobily a sypána z hlavy odvalu bez hutnění. Kóta hlavy stávajícího odvalu je 375 m n. m. [2] Mapa stávající situace na lomu viz příloha 1.



Obr. 1: Lokalizace lomu Dewon na napě [6]

2.1. Těžba nerostu

Na lomu probíhá těžba fylitu. Tato hornina se zde drtí a třídí podle požadavku na průmyslové zpracování, kde se fylit využívá jako plnivo a izolační materiál. Původní návrh vycházel z předpokladu, že 50 % vytěžené horniny bude po úpravě odvalováno. V průběhu těžby a zpracování nerostu bylo zjištěno, že množství odvalované horniny je vyšší než původní návrh předpokládal, a proto je nutné navrhnout nový tvar odvalu.

Hornina je rozpojována pomocí trhacích prací a postup těžby je navržen ve dvou možných variantách.

- Varianta A: bez zahloubení
 - Těžba na třech etážích a ukončena na kótě dna třetí etáže 360 m n. m.
 - Vytěžitelné zásoby 960 000 m³
 - Plán dobývání ložiska ve 4. roce těžby je uveden v příloze 2
- Varianta B: se zahloubením
 - Těžba ukončena na kótě dna zahloubené čtvrté etáže 345 m n. m.
 - Vytěžitelné zásoby 1 500 000 m³
 - Plán dobývání ložiska ve 4. roce těžby je uveden v příloze 3

Plán těžby ložiska fylitu je v prvních třech letech shodný pro variantu A i B. U varianty B se ve čtvrtém roce těžby předpokládá po dosažení dostatečné technologické šířky na úrovni 3. etáže (360 m n. m.) zahloubení lomu na 345 m n. m. a vytvoření tak 4. etáže. [2]

Pro odvalování je k dispozici pouze prostor stávajícího odvalu, který bude s těžbou postupovat do vytěženého prostoru jako vnitřní výsypka.

3. Geotechnické charakteristiky odvalovaných materiálů

Pro stanovení popisných, fyzikálních a mechanických vlastností odvalované horniny byly poskytnuty dva zkušební vzorky.

1. Vzorek

- Označení: odpad
- Hrubozrnnější materiál

2. Vzorek

- Označení: prach
- Jemnozrnnější materiál

Geotechnické charakteristiky byly stanoveny laboratorními zkouškami v laboratoři mechaniky zemin Katedry geotechniky a podzemního stavitelství (dále jen laboratoři) i in situ, respektive převzaty.

3.1. Zrnitostní rozbor

Na poskytnutých vzorcích bylo v laboratoři provedeno celkem pět prosévacích zkoušek. Dvě zkoušky pro odpad, dvě pro prach a jedna provedena pro směs obou vzorků. Obsahy jemnozrnných, písčitých a šterkovitých frakcí v jednotlivých vzorcích, na základě kterých plyne zatřídění horninových materiálů dle klasifikačního systému ČSN 73 1001 „Základová půda pod plošnými základy“ jsou uvedeny v tabulce 1 a průběhy křivek zrnitosti pak v příloze 4.

Tab. 1: Zatřídění vzorků zeminy

Vzorek	f [%]	s [%]	g [%]	Třída	Symbol	Název
1. odpad	14,6	85,0	0,4	S3	S - F	Písek s příměsí jemnozrnné zeminy
2. odpad	13,5	86,0	0,5	S3	S - F	
3. prach	11,7	88,3	0	S3	S - F	
4. prach	9,6	90,4	0	S3	S - F	
5. směs	10,3	89,6	0,1	S3	S - F	

Z tabulky 1 je zřejmé, že obsah jemnozrnné frakce se pro jednotlivé vzorky pohybuje v rozmezí 9 – 15 % a obsah písčité frakce v rozmezí 85 – 90 %. Pro tato procentuální zastoupení jednotlivých frakcí uvádí norma ČSN 73 1001 „Základová půda pod plošnými základy“ shodnou třídu S3 se symbolem S – F a názvem: Písek s příměsí jemnozrnné zeminy. Směrné normové charakteristiky pro třídu zeminy S3 jsou uvedeny v tabulce 2.

Jemnozrnná frakce zde není představována hlinou ani jílovými minerály. Jedná se o zrna skalní horniny menší než 0,06 mm.

Tab. 2: Směrné normové charakteristiky pro třídu S3 dle ČSN 73 1001

Poissonovo číslo $\mu [-]$	0,3	
Objemová tíha $\gamma [kN \cdot m^{-3}]$	17,5	
Úhel vnitřního tření $\varphi_{ef} [^\circ]$	I_D 0,33 - 0,67 28 - 31	I_D 0,67 - 1,00 30 - 33
Soudržnost $c_{ef} [kPa]$	0	
Modul deformace $E_{def} [MPa]$	I_D 0,33 - 0,67 12 - 19	I_D 0,67 - 1,00 17 - 25

3.2. Měrná hmotnost

Stanovena v laboratoři pyknometrickou zkouškou.

$$\rho_s = 2788 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} [1]$$

3.3. Objemová hmotnost

Objemová hmotnost byla stanovena pro dva poskytnuté vzorky horniny a je závislá na pórovitosti a stupni nasycení. Tyto parametry byly dopočítány pro w_{opt} a $\rho_{d,max}$ stanovených z Proctorovy zkoušky. Průběhy křivek zhutnění viz příloha č. 5.

Odpad

Pórovitost

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} = \frac{2788 - 1865}{2788} = 0,331$$

Stupeň nasycení

$$S_r = \frac{w \cdot \rho_d}{n \cdot \rho_w} = \frac{0,104 \cdot 1865}{0,331 \cdot 1000} = 0,586$$

Objemová hmotnost

$$\rho = \rho_d + S_r \cdot n \cdot \rho_w = 1865 + 0,586 \cdot 0,331 \cdot 1000 = 2060 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Prach

Pórovitost

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} = \frac{2788 - 1490}{2788} = 0,466$$

Stupeň nasycení

$$S_r = \frac{w \cdot \rho_d}{n \cdot \rho_w} = \frac{0,235 \cdot 1490}{0,466 \cdot 1000} = 0,751$$

Objemová hmotnost

$$\rho = \rho_d + S_r \cdot n \cdot \rho_w = 1490 + 0,751 \cdot 0,466 \cdot 1000 = 1840 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Pro výpočet bude brána objemová tíha odvalované horniny v hodnotě $\gamma = 19,5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$ a pórovitost $n = 0,4$.

3.4. Meze konzistence

Mez tekutosti:

Stanovena v laboratoři zkouškou Vasilijevovým kuželem.

$$w_L = 25,7 \% [1]$$

Mez plasticity:

Nebylo možno laboratorně stanovit pro nepřítomnost hlinitých částic a jílovitých minerálů. Zvlhčený materiál neumožnil splnit podmínky zkoušky. Docházelo k rozpadu vzorku při válení válečků ještě nad průměrem 3 mm. [1]

3.5. Mechanické vlastnosti

Smyková krabicová zkouška dávala výsledky značně závislé na vlhkosti materiálu a přítomnosti zrn hrubozrnné frakce ve vzorku. Pevnostní parametry byly stanoveny ze dvou penetračních zkoušek v hodnotách:

Soudržnost $c_{ef} = 7,2 \text{ kPa}$

Úhel vnitřního tření $\varphi_{ef} = 35^\circ$

Tyto hodnoty byly převzaty z výsledků dynamického penetračního sondování zpracovaných doc. Dr. Ing. Hynkem Lahutou.

Deformační parametr (modul deformace) byl převzat ze směrných normových charakteristik v hodnotě

$$E_{def} = 12 \text{ MPa}$$

3.6. Parametry hutnění

Tyto parametry byly stanoveny v laboratoři ze dvou poskytnutých vzorků pomocí Proctorovy zkoušky – Proctor standard. Vzorek byl hutněn ve třech vrstvách s energií hutnění cca $60 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-3}$. Maxima proctorovy křivky bylo dosaženo, tato hodnota byla odečtena z křivky zhutnění společně s optimální vlhkostí w_{opt} . Proctorovy křivky zhutnění jsou uvedeny v příloze 3.

Odpad

$$\rho_{d,\max} = 1865 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$w_{opt} = 10,4 \%$$

Prach

$$\rho_{d,\max} = 1490 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$w_{opt} = 23,5 \%$$

4. Návrh tvaru a postupu budování odvalu

Pro odvalování nevhodného horninového materiálu je k dispozici pouze prostor stávajícího odvalu nacházející se v současné době v severní části dobývacího prostoru. Odval bude v obou variantách postupovat s těžbou do vytěženého prostoru jako vnitřní výsypka. Kóta hlavy odvalu bude pro obě varianty shodná, rozdíl mezi oběmi variantami bude spočívat v rozdílné výškové úrovni založení odvalu a ve způsobu odvodnění podložky odvalu.

4.1. Odvodnění podložky odvalu

4.1.1. Varianta A

V současnosti je lom již rozfárán na třech etážích, kde dno třetí etáže se nachází na úrovni 360 m n. m., na které bude těžba po vytěžení horniny ukončena. Toto dno lomu je již odvodňováno samospádem betonovým potrubím o světlém průměru Ø 600 mm, které prochází pod patou stávajícího odvalu a odvádí vodu mimo prostor dobývání (Příloha 6). Odvodňovací potrubí bude prodlužováno směrem do lomu a přesypáváno odvalovanou horninou. Stávající odval bude s postupující těžbou přecházet ve vnitřní výsypku založenou na úrovni dna třetí etáže 360 m n. m. Odval bude mít konstantní výšku 25 m s kótou hlavy odvalu 385 m n. m. Po ukončení těžby vznikne deprese ohraničená závěrnými svahy lomu a odvalu. Při zajištění správné funkce odvodňovacího potrubí (průchodnost příčného profilu a spád min. 2 ‰) je možno předpokládat dostatečné odvodnění podložky.

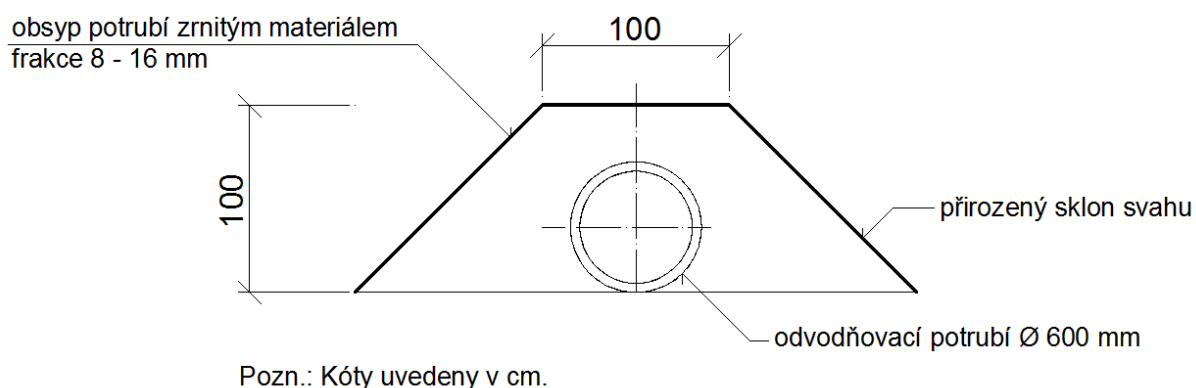
4.1.2. Varianta B

U varianty B je těžba navržena ve dvou fázích. V první fázi bude těžba postupovat shodně s variantou A, to znamená, že dno lomu bude na úrovni třetí etáže 360 m n. m. odvodňováno samospádem betonovým potrubím o světlém průměru Ø 600 mm. Ve druhé fázi bude po dosažení dostatečné technologické šířky na třetí etáži lom zahlouben o 15 m na čtvrtou etáž. Na dně čtvrté etáže s kótou dna 345 m n. m. bude v průběhu těžby

v pravidelných intervalech vybudována retenční nádrž o min rozměrech 10 x 10 x 2 m. Z této nádrže bude voda přečerpávána do odvodňovacího potrubí, které po zahloubení na čtvrtou etáž bude převedeno mimo budovaný odval a bude uloženo na zbytkovou plošinu hlavy třetí etáže v severozápadním okraji dobývacího prostoru. Odval pro tuto variantu bude založen na dvou výškových úrovních. V první fázi těžby bude odval založen na třetí etáži 360 m n. m. s výškou odvalu 25 m. Ve druhé fázi se odval založí na čtvrté etáži 345 m n. m. a jeho výška bude 40 m. Kóta hlavy odvalu bude v obou fázích shodná 385 m n. m. Po ukončení těžby a čerpání vody vznikne bezodtoková deprese ohraničená závěrnými svahy lomu a odvalu. Tato deprese se postupem času vyplní vodou a bude dlouhodobě sytit spodní část odvalu až maximálně do úrovně 360 m n. m.

4.1.3. Ochrana odvodňovacího potrubí

Odvodňovací potrubí bude u varianty A, a v první fázi těžby u varianty B prodlužováno směrem do lomu a postupně přesypáváno odvalem zakládáním od dna třetí etáže 360 m n. m. Betonové potrubí o světlem průměru 600 mm bude před založením dílčích úseků odvalu, chráněno obsypem ze zrnitého materiálu frakce 8 – 16 mm. Obsyp bude proveden do výšky 1 m s přirozeným sklonem svahů a je vyobrazen na obrázku 2.



Obr. 2: Ochrana odvodňovacího potrubí

4.2. Odval – Varianta A

Odval bude zakládán na dně třetí etáže 360 m n. m. a bude budován jako vnitřní výsypka.

4.2.1 Založení a budování odvalu

Z důvodu zajištění dostatečné technologické šířky dna lomu potřebné pro operace dobývacího cyklu, bude odval zakládán v dílčích úsecích, které na sebe budou plynule navazovat. První dílčí úsek bude pro obě varianty A i B založen ve vzdálenosti 35 m od hrany stávajícího odvalu (Příloha 7) a to z toho důvodu, aby se zachoval stávající sjezd na třetí etáž. U varianty A se další dílčí úseky odvalu budou zakládat 50 m od hrany předcházejícího úseku.

Odval bude zakládán od kóty dna třetí etáže 360 m n. m. Dílčí úseky odvalu budou budovány po etážích o mocnosti 5 m až na konečnou výšku hlavy odvalu 385 m n. m. Takto zbudovaných etáží pro variantu A bude celkem pět.

- | | |
|--------------------------------|------|
| • Mocnost dílčí etáže | 5 m |
| • Sklon svahu dílčí etáže | 45° |
| • Šířka koruny dílčí etáže | 5m |
| • Počet dílčích etáží | 5 |
| • Celková výška odvalu | 25 m |
| • Generální sklon svahu odvalu | 28° |

První dílčí úsek odvalu založený ve vzdálenosti 35 m od hrany stávajícího dovalu je nakreslen v řezu v příloze 7, celý odval po vybudování pak v příloze 8. Polohopisná situace lomových stěn po dokončení těžby a vyznačení řezu P1 je uvedena v příloze 9.

4.2.2. Stabilita tělesa odvalu

Stabilita tělesa odvalu byla řešena s využitím softwaru STABILITA SVAHU z programové soustavy GEO5 v12.

Pro výpočet byla použita Bishopova proužková metoda. Tato metoda je založena na principu mezní rovnováhy, a řeší tedy rovnováhu sil podél zvolené smykové plochy (v tomto případě kruhové). Bishopova metoda bere v úvahu jak vlastní tíhu každého proužku, tak také horizontální a vertikální složky zemního tlaku, působících na boční stěny proužků. [3]

Stabilita byla řešena jak pro jednotlivé dílčí etáže budovaného odvalu, tak pro konečný tvar odvalu po ukončení těžby. Geometrické parametry pro dílčí etáže budovaného odvalu byly získány z přílohy 7 a pro konečný tvar odvalu z přílohy 8. Pro výpočet byly použity tyto geotechnické parametry odvalované horniny:

- Soudržnost $c_{ef} = 7,2 \text{ kPa}$
- Úhel vnitřního tření $\varphi_{ef} = 35^\circ$
- Objemová tíha $\gamma = 19,5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$
- Měrná tíha $\gamma_s = 27,88 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$
- Pórovitost $n = 0,4$

Pro každou vybudovanou dílčí etáž byla nalezena kritická smyková plocha a vypočten stupeň stability svahu F. Pro jednotlivé fáze budování odvalu byl zjištěn stupeň stability svahu (tab. 3). Vypočtené stupně stability jednotlivých etáží odvalu vyhovují podle Vyhlášky ČBÚ č. 26/1989 sb. požadavkům dlouhodobé stability. Výpočty a grafická znázornění kritických smykových ploch dílčích etáží jsou uvedeny v příloze 10.

Kritická smyková plocha navrženého odvalu po ukončení těžby nabývá hodnoty stupně stability svahu $F=1,70$, což podle Vyhlášky ČBÚ č. 26/1989 sb. vyhovuje požadavkům dlouhodobé stability. Výpočet a grafické znázornění kritické smykové plochy konečného tvaru odvalu je uveden v příloze 11.

Tab. 3: Stupně stability svahu budovaných dílčích etáží odvalu – varianta A, B

Dílčí etáž	Výška odvalu	Stupeň stability svahu F
	[m]	[-]
1	5	1,58
2	10	1,83
3	15	1,78
4	20	1,73
5	25	1,70

4.3. Odval – Varianta B

Odval bude budován jako vnitřní výsypka a zakládán na dvou výškových úrovních třetí etáže na kótě 360 m n. m. a čtvrté etáže na kótě 345 m n. m.

4.3.1. Založení a budování odvalu

V případě postupu těžby podle varianty B bude odval zakládán po dílčích úsecích. První dílčí úsek odvalu bude založen stejně jako u varianty A ve vzdálenosti 35 m od hrany stávajícího odvalu. Následující dílčí úseky odvalu se budou zakládat ve vzdálenosti 35 m od spodní hrany předchozího dílčího úseku odvalu. Odval se bude na první výškové úrovni zakládat od kóty dna třetí etáže 360 m n. m. a následně ve druhé výškové úrovni od kóty dna čtvrté etáže 345 m n. m. Dílčí úseky odvalu budou budovány po etážích o mocnosti 5 m. Odval založený na první výškové úrovni bude dosahovat výšky 25 m a na druhé výškové úrovni pak 40 m. Kóta hlavy odvalu 385 m n. m. bude shodná s variantou A. Celý odval po vybudování je nakreslen v řezu v příloze 12, polohopisná situace lomových stěn s vyznačeným řezem P1 pak v příloze 13. Ochrana proti rozplavování odvalovaného materiálu bude v průběhu odvalování zajištěna stejně jako u varianty A opěrnými bermami vybudovanými vždy před založením dílčího úseku odvalu.

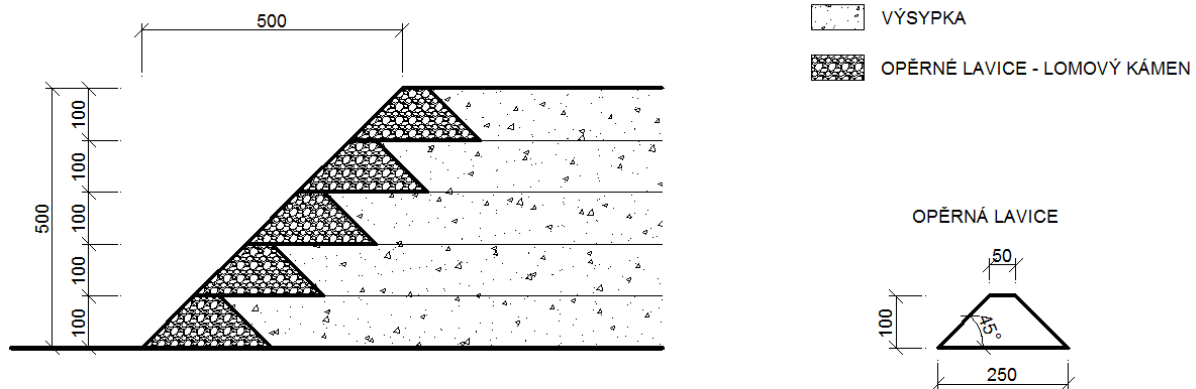
4.3.2. Stabilita tělesa odvalu

Stabilita tělesa odvalu byla opět řešena s využitím softwaru STABILITA SVAHU z programové soustavy GEO5 v12. Stabilita byla řešena jak pro jednotlivé dílčí etáže budovaného odvalu založené na první výškové úrovni, tak pro konečný tvar odvalu po ukončení těžby. Geometrické parametry pro dílčí etáže budovaného odvalu byly získány z přílohy 7 a pro konečný tvar odvalu z přílohy 13. Pro výpočet byly použity stejné geotechnické parametry odvalované horniny jako u výpočtu stability tělesa odvalu ve variantě A.

Řešení stability dílčích etáží budovaného odvalu je shodné s řešením u varianty A. U varianty B po vytěžení horniny ze čtvrté etáže vznikne bezodtoková deprese. Předpoklad pro výpočet stability tělesa odvalu po ukončení těžby je, že se tato bezodtoková deprese začne plnit vodou a bude sytit patu odvalu do výšky 360 m n. m. Pro tento předpoklad byl proveden výpočet. Vypočtený stupeň stability svalu $F=1,52$ vyhovuje podle Vyhlášky ČBÚ č. 26/1989 sb. požadavkům dlouhodobé stability. Výpočet a grafické znázornění kritické smykové plochy konečného tvaru odvalu je uveden v příloze 14.

4.4. Ochrana odvalu proti rozplavování odvalovaného materiálu v průběhu odvalování

Na stávajícím odvalu bylo pozorováno, že při jeho významném sycení vodou (dlouhotrvající srážky, tání sněhu) dochází k transportu odvalovaného materiálu z horních partií odvalu k jeho patě. Tento pozorovaný jev má charakter gravitačního vazkého tečení. Ztekucený materiál je ukládán s téměř vodorovným povrchem u paty odvalu. [1] Z tohoto důvodu bude nutné vzdušný svah odvalu vytvářet z opěrných lavic z kamenitého a balvanitého materiálu (obr. 3). Při zakládání dílčích úseků odvalu se nejprve vytvoří opěrné bermy a teprve pak se začne budovat dílčí etáž odvalu. Při zakládání další etáže odvalu se opět nejprve vytvoří ochrana proti rozplavování a pak se začne budovat dílčí etáž odvalu.



Pozn.:

Opěrné lavice budou vybudovány na každém stupni výsypky.
Kóty uvedeny v cm.

Obr. 3: Opěrné lavice

5. Návrh hutnění odvalovaného materiálu

5.1. Popis odvalovaného materiálu

Jedná se o jemnozrnný materiál, který je v suchém stavu velmi kyprý. Tento jemnozrnný materiál se při zavodnění roztéká.

Odvalovaný materiál je v současnosti volně sypán z hlavy odvalu a gravitačně zhutněn. Gravitační zhutnění spočívá ve zhutnění odvalovaného materiálu svou vlastní tíhou a pojezdem kolových prostředků – povrch je pojezdný a pochozí. Pro vybudování navrženého výsypkového tělesa je nutné odvalovaný materiál zhutnit.

Na pěti poskytnutých vzorcích odvalovaného materiálu se stanovilo číslo nestejnozrnitosti (tab. 4) a bylo zjištěno, že se jedná dle ČSN 73 1001 „Základová půda pod plošnými základy“ o stejnozrnnou zeminu, tedy o zeminu nesnadno zhutnitelnou.

Tab. 4: Čísla nestejnozrnitosti

Vzorek	Číslo nestejnozrnitosti C_u	Zemina
1. Odpad	4,91	stejnozrnná
2. Odpad	3,67	
3. Prach	3,33	
4. Prach	3,23	
5. Směs	3,33	

5.2. Návrh hutnícího stroje

Je navržen 13cti tunový tahačový vibrační válec typu ASC 130 D (obr. 4) s výkonem motoru 119 kW. Jeho technické parametry jsou uvedeny v tabulce 5.



Obr. 4: Ammann ASC 130 D [7]

Tab. 5: Technické parametry hutníciho stroje

HMOTNOSTI	Jednotka		POJEZD	Jednotka	
Provozní hmotnost	kg	12630	Počet rychlostí	-	4
Zatížení běhounu	kg	8035	Max. rychlost	km/h	10,6
Zatížení zadní osy	kg	4365	Stoupavost s vibrací	%	45
BĚHOUN			VIBRACE		
Pracovní šířka	mm	2200	Amplitudy	mm	1,9/1
Průměr	mm	1500	Frekvence	Hz	30/36
Tloušťka pláště	mm	35	Odstředivé síly	kN	300/200

Zvláštní výbava:

- Radlice – pro urovnání hutnicích vrstev
- ACE (Ammann Compaction Expert) – měřicí a řídicí systém pro vibrační válce. „Automaticky nastavuje hodnoty frekvence a amplitudy vibrace v závislosti na okamžité míře zhutnění povrchu.“ [7]

5.3. Návrh parametrů hutního pokusu

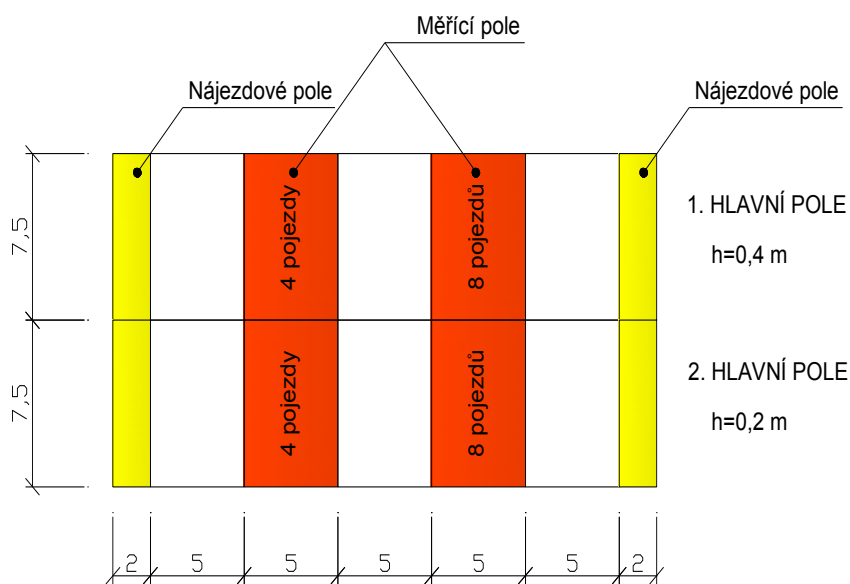
Na lomu Dewon proběhne hutní pokus. Hutní pokus bude proveden na odvalovaném materiálu navrženým hutním strojem Ammann ASC 130D.

Cílem hutního pokusu bude ověřit:

- možnost hutnění odvalovaného materiálu,
- vhodnost hutnění tahačovým válcem Ammann ASC 130D,
- kvalitu hutnění.

5.3.1. Geotechnické parametry hutního pokusu

Pro potřebu hutního pokusu bude odvalovaný materiál rozprostřen do dvou hlavních polí o různé mocnosti vrstev. Mocnost vrstvy rozprostřeného odvalovaného materiálu v 1. hlavním poli bude 40 cm a ve 2. hlavním poli pak 20 cm. Půdorysné rozměry 1. i 2. hlavního pole budou shodné 7,5 x 29 m (obr. 5). V každém hlavním poli budou vyznačeny dvě měřicí pole o rozměrech 7,5 x 5 m, na kterých bude zkoumána kvalita hutnění.



Pozn.: Kóty uvedeny v m.

Obr. 5: Půdorysné schéma hutního pokusu

Po navezení a rozprostření odvalovaného materiálu do dvou hlavních polí, se odvalovaný materiál provlhčí dostatečným množstvím vody. Pro potřebu hutnicího pokusu bude zapotřebí:

1. Hlavní pole

- 90 m^3 materiálu
- 10 m^3 vody

2. Hlavní pole

- 45 m^3 materiálu
- 5 m^3 vody

Samotné hutnění začne s jistým časovým odstupem po provlhčení. Odvalovaný materiál se bude hutnit plynulým pojezdem tahačového válce ASC 130 D. Kvalita hutnění bude kontrolována na měřicích polích po čtyřech a osmi pojezdech hutnicího stroje.

5.3.2. Kontrola kvality hutnění

Pro zjištění kvality hutnění je možné použít některou z dále uvedených přímých nebo nepřímých metod.

Přímé metody:

- Kontrola objemové hmotnosti vysušené zeminy a vlhkosti a porovnání s hutnicí křivkou zjištěnou laboratorně (Proctor)
- Stanovení parametrů C, D a Δw Hilfovou metodou [5]

Posuzujeme:

- Stupeň zhutnění D

$$D = \frac{\rho_d}{\rho_{d,\max}}$$

Kde: ρ_d objemová hmotnost vysušené zeminy na stavbě $[kg \cdot m^{-3}]$

$\rho_{d,\max}$ maximální objemová hmotnost vysušené zeminy Proctor

Standard $[kg \cdot m^{-3}]$

- Koefficient účinnosti hutnícího stroje C

$$C = \frac{\rho_d}{\rho_{od}}$$

Kde: ρ_{od} objemová hmotnost vysušené zeminy při Proctorově zkoušce
v laboratoři při stejné vlhkosti jako na stavbě pro ρ_d $[kg \cdot m^{-3}]$

- Rozdíl vlhkostí

$$\Delta w = w - w_{opt}$$

Udává rozdíl vlhkosti, při které se zhutňuje na stavbě a vlhkosti optimální podle Proctora

- Stanovení relativní hutnosti I_D [4]

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

Kde: e_{\max} maximální číslo pórovitosti $[-]$

e_{\min} minimální číslo pórovitosti $[-]$

e číslo pórovitosti $[-]$

Nepřímé metody:

- Statická zatěžovací zkouška zatěžovací deskou [5]

$$E_{def} = \frac{\sigma_{ol} \cdot d \cdot (1 - \nu^2)}{s}$$

Kde: E_{def} modul deformace [MPa]

σ_{ol} přetížení deskou [MPa]

d průměr zatěžovací desky [mm]

ν Poissonovo číslo zeminy [–]

s sednutí středu kruhové desky [mm]

- Rázová zkouška dynamickou deskou

$$M_{vd} = \frac{F}{d \cdot s} \cdot (1 - \nu^2)$$

Kde: M_{vd} rázový modul deformace [MPa]

F velikost maximální rázové síly [N]

d průměr zatěžovací desky [mm]

ν Poissonovo číslo zeminy [–]

s velikost pružného poklesu pod středem zatěžovací desky [mm]

- Penetrační zkouška

Pro potřebu hutnického pokusu budou provedeny tyto metody kontroly kvality hutnění:

- statická zatěžovací zkouška zatěžovací deskou,
- rázová zkouška dynamickou deskou,
- kontrola objemové hmotnosti vysušené zeminy a vlhkosti a porovnání s hutnicí křivkou zjištěnou laboratorně,
- penetrace ručním penetrometrem.

6. Závěr

Pro laboratorně a in situ zjištěné geotechnické parametry byl proveden výpočet stability svahu jak pro variantu A tak pro variantu B. Dosažené stupně stability svahů splňují dle Vyhlášky ČBÚ č. 26/1989 sb. podmínky dlouhodobé stability. Parametrů použitých pro výpočet stability je možné dosáhnout efektivním zhutněním odvalovaného materiálu.

Zrnitostním rozbořem bylo zjištěno, že odvalovaný materiál je jemnozrný a stejnozrný. U takového materiálu je předpoklad, že bude špatně zhutnitelný a nemuselo by být hutněním dosaženo požadovaných geotechnických parametrů. Proto byl navržen hutnicí pokus, jehož cílem bude ověřit, zda lze hutněním dosáhnout přibližně stejných nebo lepších geotechnických parametrů, než pro které byl proveden výpočet stability svahu. Pokud se hutnicím pokusem prokáže, že odvalovaný materiál je natolik špatně zhutnitelný a nelze hutněním dosáhnout požadovaných hodnot geotechnických parametrů, bude nutné navrhnout patřičná opatření pro zajištění stability odvalu.

Seznam obrázků

1. Lokalizace lomu Dewon na mapě
2. Ochrana odvodňovacího potrubí
3. Opěrné bermy
4. Ammann ASC 130 D
5. Půdorysné schéma hutního pokusu

Seznam tabulek

1. Zatřídění vzorků zeminy
2. Směrné normové charakteristiky pro třídu S3 dle ČSN 73 1001
3. Stupně stability svahu budovaných dílčích etáží odvalu – Varianta A, B
4. Čísla nestejnozrnatosti
5. Technické parametry hutního stroje

Seznam použité literatury

Knihy:

- [1] KOŘÍNEK, Robert. *Lom Dewon: odval*. Ostrava, 2010. Technická zpráva. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta geotechniky a podzemního stavitelství.
- [2] MIKOLÁŠ, Milan, POSPÍŠIL, Jiří. *Návrh otvírky, přípravy a dobývání ložiska Jarnoltówek do vydobyetí zásob*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2010.
- [3] STANEK, Jaroslav, KOŘÍNEK, Robert. *Hornická mechanika zemin: stability svahů*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 1991. ISBN 80-7078-103-3.

- [4] ŠIMEK, Jiří, a kolektiv. *Mechanika zemin*. Praha: SNTL, 1990. ISBN 80-03-00428-4.
- [5] VANÍČEK, Ivan. *Mechanika zemin*. Praha: České vysoké učení technické, 1996. ISBN 80-01-01437-1.

www stránky

- [6] *Mapy Google* [online]. ©2012 [cit. 2012-2-8]. Dostupné z: <maps.google.cz>
- [7] Ammann [online]. ©2012 [cit. 2012-4-2]. Dostupné z: <<http://www.ammann-group.cz/cz/home/>>

Seznam příloh

1. Mapa lomu – 2. rok těžby – Varianta A, B
2. Mapa lomu – 4. rok těžby – Varianta A
3. Mapa lomu – 4. rok těžby – Varianta B
4. Zrnitost odvalovaných materiálů
5. Proctorovy zkoušky – Proctor Standard Test
6. Odvodnění lomu
7. První dílčí úsek odvalu
8. Rež P1 – varianta bez zahloubení
9. Mapa lomu se zakreslením pozic odvalu – Varianta A
10. Výpočet stability prvního dílčího úseku odvalu – Varianta A, B
11. Výpočet stability konečného tvaru odvalu – Varianta A
12. Rež P1 – varianta se zahloubením
13. Mapa lomu se zakreslením pozic odvalu – Varianta B
14. Výpočet stability konečného tvaru odvalu – Varianta B

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat doc. Ing. Robertu Kořínkovi, CSc. za vedení, pomoc a rady, které byly do této práce zahrnuty.